

Совершенствование качества строительных материалов и конструкций (модели, составы, свойства, эксплуатационная стойкость): Межд. сб. науч. трудов. – Новосибирск, 2004-2005. – С.18-21.

4.Довгань О.Д. Епоксидні полімерні розчини, модифіковані фурфуролом і цеолітом: Автореф дис. ... к. т. н.: 05.23.05 / ОДАБА. – Одеса, 2005. – 21 с.

5.Соломатов В.И., Бобрышев А.Н., Химмлер К.Г. Полимерные композиционные материалы в строительстве / Под ред. В.И.Соломатова. – М.: Стройиздат, 1988. – 312 с.

*Получено 06.12.2005*

УДК 621.643

П.Я.КРИНИЧНИЙ, А.Б.ГРИЦІВ, П.М.РАЙТЕР

*Науково-виробнича фірма „ЗОНД”, м.Івано-Франківськ*

## **КОНТРОЛЬ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ПЛАСТМАСОВИХ ТРУБ У ПРОЦЕСІ ЇХ ВИГОТОВЛЕННЯ**

Описуються основні технічні показники та принцип роботи розробленої установки для контролю геометричних параметрів пластмасових труб. Наведено ультразвуковий спосіб вимірювання товщини стінки, діаметру та овальності поліетиленових труб і переваги застосування пластмасових труб у порівнянні з трубами з традиційних матеріалів. Досліджено чинники, які впливають на точність вимірювання, і заходи щодо їх вирішення.

Досвід використання труб з пластмас нараховує понад 50 років. Вперше їх застосовували в країнах Західної Європи для будівництва каналізаційних систем та водогонів. Європейські країни і сьогодні займають одне з чільних місць з використання пластмасових труб. Лише Німеччина, Італія, Франція та Англія споживають 80% усього їх європейського виробництва. Поступово ці технології поширюються все більше, захоплюючи нові ринки, в тому числі і ринок України, і витісняючи труби з традиційних матеріалів (чавун, сталь, мідь).

Сьогодні пластмасові труби використовують для будівництва водогонів, артезіанських свердловин, систем меліорації, проточних і напірних каналізаційних колекторів, газопроводів, а також для обігріву теплиць і підлог та захисту електричних кабелів.

Широкий спектр використання таких труб обумовлений рядом переваг порівняно з трубами, виготовленими з традиційних матеріалів, зокрема:

- висока опірність корозії, інкрустації осаду, що збільшує термін експлуатації трубопроводів до 50 років;
- менша питома вага в порівнянні зі сталевими трубами, що полегшує транспортування та монтаж трубопроводів;
- висока опірність блукаючим струмам;
- низька теплопровідність;
- відсутність конденсації на зовнішній поверхні труби;

- можливість з'єднання з трубопроводами з інших матеріалів;
- висока гнучкість, що дозволяє зберігати та транспортувати труби в бухтах і котушках;
- низька вартість монтажу й прокладки порівняно із сталевими трубами.

У сучасних економічних реаліях України використання труб з пластмас набуває все більшого розмаху. Існує стійка тенденція до більш широкого впровадження цієї технології як комунальними службами, так і окремими користувачами. Здебільшого відбувається заміна існуючих комунікацій, що перебувають в аварійному стані (переважно водогонів), та монтаж нових трубопроводів (водогони, газопроводи, каналізаційні колектори) у житловому та промисловому будівництві. З'являється все більше підприємств, що займаються виготовленням трубних виробів з пластмас.

Документи, які регламентують вимоги до труб з пластмас в Україні [1-3], встановлюють геометричні параметри труб (зовнішній діаметр, товщина стінки, овальність) та граничні їх відхили. Слід зазначити, що всі граничні відхили можуть набувати лише додатних значень. Наприклад, якщо зовнішній діаметр труби становить 280 мм, його граничне відхилення має бути в межах від 0 до +1,7 мм; номінальна товщина стінки для такої труби повинна складати 15,9 мм при граничному відхиленні не більше +1,7 мм. На практиці це спонукає виробника свідомо налаштовувати обладнання так, щоб отримувати виріб з геометричними параметрами, що перевищують номінальні на половину граничного допуску. Тим самим забезпечується можливість довготривалої експлуатації установок неперервної екструзії без їх проміжного налаштування та „попадання” геометричних параметрів виготовлюваних труб у межі встановленого допуску в разі незначних відхилень технологічного процесу. Це вимушений крок, яким ідуть виробники, оскільки дотримання технічних вимог є обов'язковим, а обладнання, яке б могло забезпечити неперервний моніторинг вищезазначених геометричних параметрів безпосередньо в процесі виготовлення труби, у виробника немає. Все це призводить до значної перевитрати матеріалу і, як наслідок, збільшення собівартості труб.

Одним з провідних виробників обладнання для контролю геометричних параметрів труб з пластмас в процесі їх виготовлення є американська фірма BETA LaserMike, яка пропонує на ринок установки типу UltraScan 3125. Ці установки забезпечують неперервний контроль товщини стінки і концентричності внутрішньої та зовнішньої поверхонь труб. У них використано стаціонарний блок сканування, в якому може бути розміщено до восьми первинних ультразвукових перетворювачів.

Труби контролюють луна-імпульсним методом з імерсійним варіантом створення акустичного контакту. Діаметр вимірюють окремим блоком за допомогою променя лазера. Таке обладнання є високоточним, але водночас і дорогим, через що воно не набуло належного поширення на Україні.

Фахівцями науково-виробничої фірми “ЗОНД” (підприємства, що має понад 15-річний досвід роботи на ринку неруйнівного контролю та технічної діагностики) розроблено установку для контролю геометричних параметрів труб з пластмас „ПОЛІМЕР-4К”. Установка призначена для 4-канального контролю товщини стінки, зовнішнього діаметру та овальності поліетиленових труб ультразвуковим методом.

Основною перевагою установки “ПОЛІМЕР-4К” є можливість контролю не тільки товщини стінки й зовнішнього діаметру труби, але й овальності при значно нижчих витратах на придбання та експлуатацію установки.

Основні технічні показники установки:

Діапазон діаметрів труб, що контролюються	20 - 400 мм
Діапазон вимірювання товщини стінки труб	2,0 - 22,8 мм
Відносна похибка вимірювання товщини стінки	не більше 3%
Діапазон вимірювання овальності	1,0 - 14,0 мм
Максимальна швидкість поздовжнього переміщення труби, що контролюється	6,5 м/хв.
Температура зовнішньої поверхні труби	10 - 30 °С.

Установка дозволяє здійснювати безеталонне налаштування вимірювальних каналів, забезпечує автоматичну світлову та звукову сигналізацію виявлених відхилень контрольованих параметрів від нормованих значень. Цифрова та графічна індикація результатів вимірювань здійснюється на екрані комп'ютера за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення.

До складу такої установки входять: блок збору й попередньої обробки інформації, дефектоскоп, персональний комп'ютер і блок сканування (рис.1).

Робота установки базується на використанні ультразвукового імерсійного луна-імпульсного методу неруйнівного контролю із застосуванням поздовжніх хвиль. Контроль проводять за допомогою п'яти п'єзоелектричних ультразвукових роздільно-суміщених перетворювачів (ПЕП), розташування яких відносно труби показане на рис.2.

Спосіб вимірювання товщини стінки є загальноприйнятим і поля-

гає у визначенні часового інтервалу  $t_T$  між імпульсами 2 і 3, отриманими як відбиття ультразвукових коливань (УЗК) від зовнішньої та внутрішньої стінок труби (рис.2).

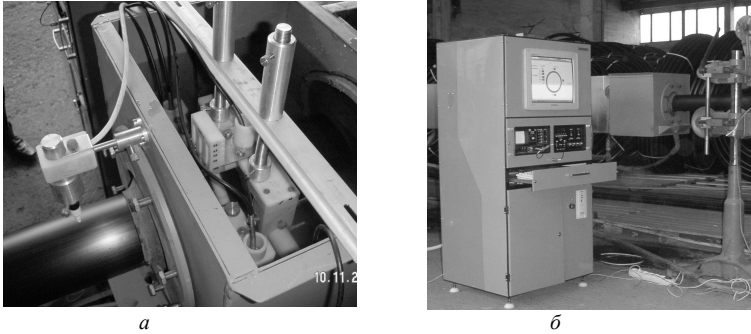


Рис.1 – Експериментальний зразок установки „ПОЛИМЕР-4К”:  
а – блок сканування; б – блок збору, обробки та візуалізації інформації.

Враховуючи швидкість розповсюдження УЗК

$$h = \frac{V_{pl} \cdot t_T}{2}, \quad (1)$$

де  $h$  – товщина стінки труби;  $V_{pl}$  – швидкість розповсюдження по-  
здовжньої хвилі в матеріалі труби;  $t_T$  – часовий інтервал між імпуль-  
сами 2 і 3.

Такі вимірювання проводять за допомогою кожного з чотирьох ПЕП, зміщених один відносно одного на кут  $90^\circ$  у площині, перпенди-  
кулярній до напрямку руху труби.

Спосіб вимірювання зовнішнього діаметра має деякі особливості. Перед проведенням контролю в блок сканування вводять фрагмент труби з наперед відомим діаметром, який є стандартним для труб да-  
ного типорозміру. При цьому між зовнішньою поверхнею труби та кожним з п'єзоелектричних перетворювачів залишають деякі зазори  $l$ . На А-сканзображенні ці зазори відповідають часовому інтервалу  $t_D$  між імпульсами 1 і 2 (рис.2), величина якого може змінюватись залеж-  
но від діаметра труби і швидкості розповсюдження УЗК у контактному  
середовищі під впливом зміни його температури. Для компенсації  
впливу температури середовища в систему додатково введено етало-  
ний п'єзоелектричний перетворювач (ПЕП<sub>ет.</sub>) з відбивачем, призначе-  
ним для корекції даних при визначенні діаметра. В момент, коли тру-

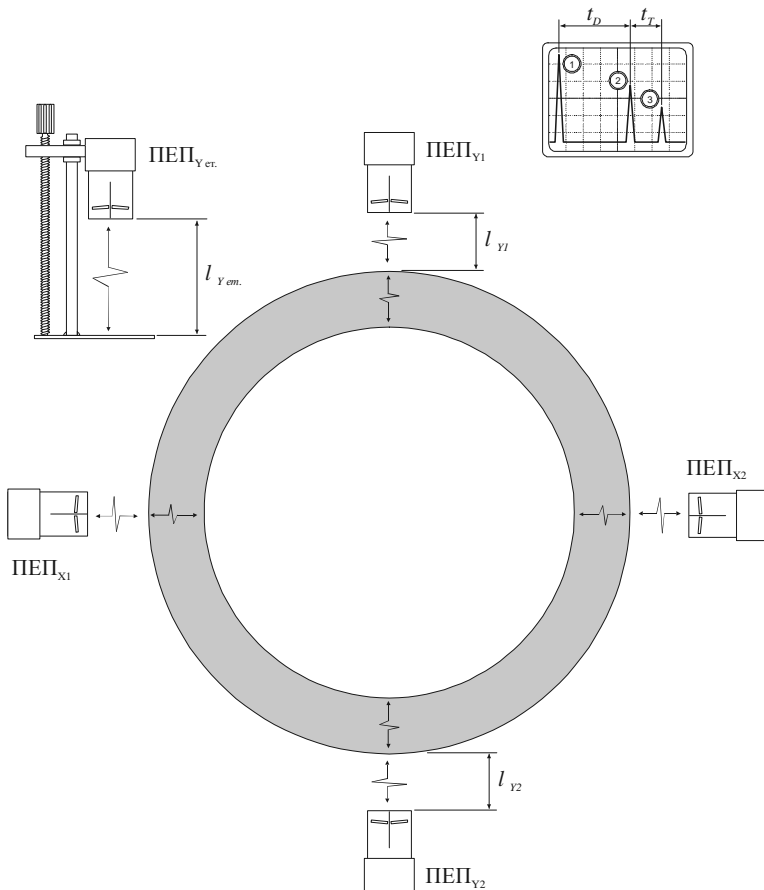


Рис.2 – Розташування ПЕП при вимірюванні геометричних параметрів пластмасових труб

ба-зразок знаходиться в блоці сканування, за допомогою регулювального гвинта відстань між ПЕП<sub>ет.</sub> та відбивачем регулюється таким чином, щоб виконувалась будь-яка з умов:

$$l_{em} = l_{X1} + l_{X2}$$

або

$$l_{em} = l_{Y1} + l_{Y2} \quad (2)$$

чи, відповідно,

$$t_{D_{em}} = t_{DX1} + t_{DX2}$$

або

$$t_{Dem} = t_{DY1} + t_{DY2}, \quad (3)$$

де  $l_{em}$  – відстань між ПЕП<sub>ет</sub> і відбивачем;  $l_{X1}$ ,  $l_{X2}$ ,  $l_{Y1}$ ,  $l_{Y2}$  – відповідні відстані між кожним з перетворювачів і поверхнею труби;  $t_{Dem}$  – часовий інтервал між зондуючим імпульсом та імпульсом від поверхні відбивача;  $t_{X1}$ ,  $t_{X2}$ ,  $t_{Y1}$ ,  $t_{Y2}$  – часові інтервали між зондуючими імпульсами та імпульсами від поверхні труби для кожного з вимірювальних ПЕП.

Під час практичних вимірювань діаметр труби обчислюється за формулами:

$$D_X = D_{em} + \frac{V_{вод} \cdot (t_{DX1} + t_{DX2})}{2}; \quad (4)$$

$$D_Y = D_{em} + \frac{V_{вод} \cdot (t_{DY1} + t_{DY2})}{2},$$

де  $D_{em}$  – діаметр труби, що була використана при настройці установки;  $D_X$ ,  $D_Y$  – діаметр труби, виміряний у горизонтальній і вертикальній площині відповідно;  $V_{вод}$  – швидкість ультразвуку у воді, що уточнюється під час кожного вимірювання:

$$V_{вод} = \frac{l_{em}}{t_{Dem}}. \quad (5)$$

Овальність труби визначають, порівнюючи її діаметри у вертикальній  $D_Y$  і горизонтальній  $D_X$  площинах:

$$\Delta D = |D_X - D_Y|. \quad (6)$$

Функціонально-структурна схема установки „ПОЛІМЕР-4К” показана на рис.3.

Установка працює таким чином. Генератор ультразвукових коливань 2 по чергові (під керуванням мікроконтролера 5) збуджує один з п'яти ПЕП. Ультразвукові коливання від ПЕП, розміщеного над трубою, через шар води спрямовуються в зону контролю. На грані розділу двох середовищ (вода-пластмаса) УЗК зазнають часткового відбиття: частина пучка ультразвукових коливань, яка пройшла через шар контактної рідини відбивається від зовнішньої поверхні труби, проходить зворотній шлях і попадає на ПЕП. Цей сигнал підсилюється підсилювачем 2, поступає на формувач прямокутних імпульсів по діаметру 3, де генерується прямокутний імпульс, тривалість якого дорівнює про-

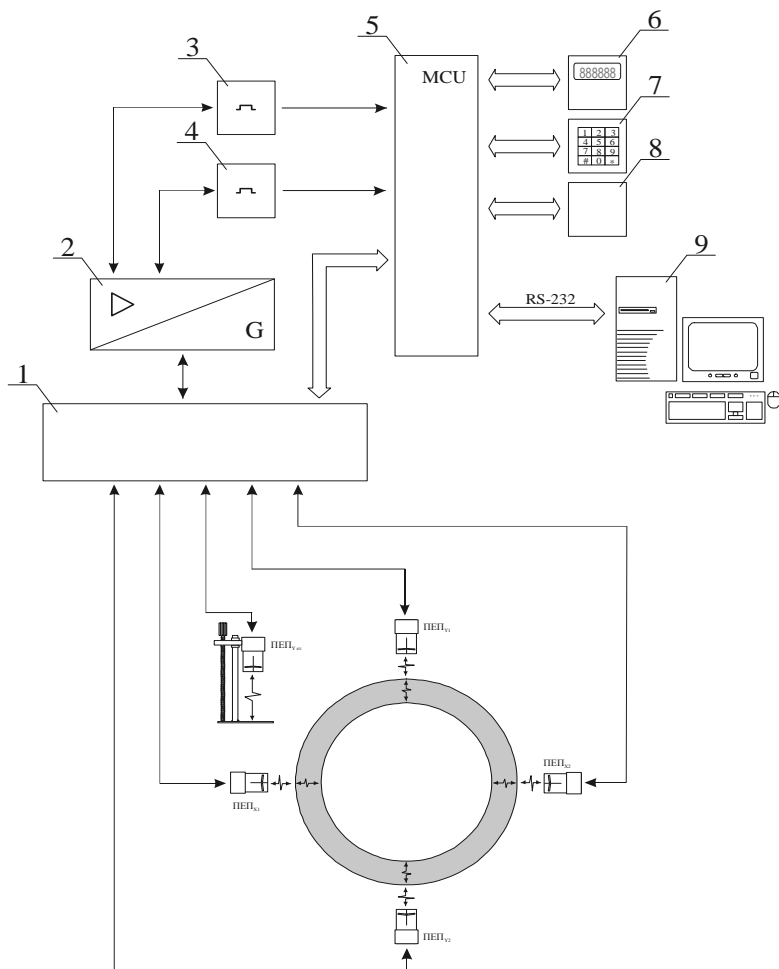


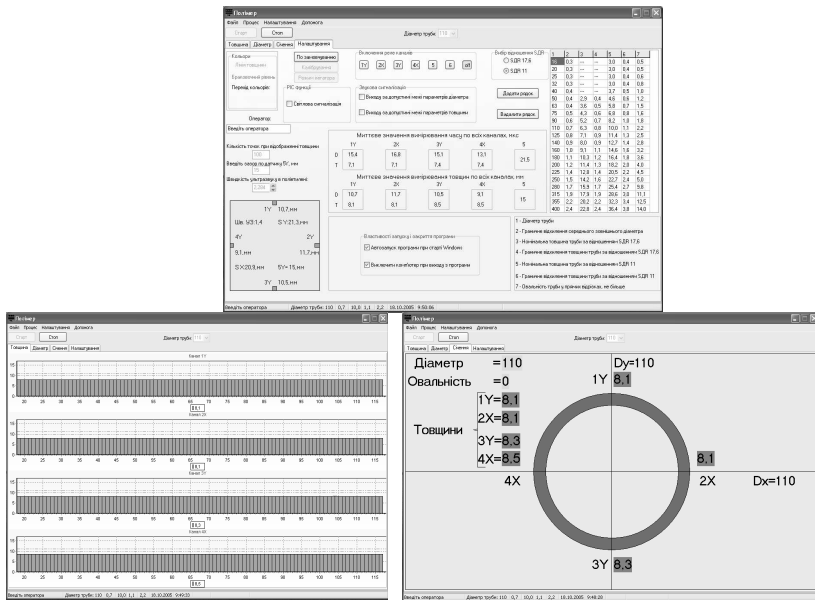
Рис. 3 – Функціонально-структурна схема установки „ПОЛИМЕР-4К”:

1 – блок комутації ПЕП; 2 – генераторно-підсилювальний тракт; 3 – формувач прямокутних імпульсів по діаметру; 4 – формувач прямокутних імпульсів по товщині стінки; 5 – мікроконтролер; 6 – клавіатура управління; 7 – блок індикації; 8 – блок автоматичної сигналізації; 9 – комп’ютер.

міжку часу між зондуєчим та першим відбитим імпульсами. Потім цей прямокутний імпульс надходить до мікроконтролера. За тривалістю даного імпульсу обчислюють діаметр труби за наведеними вище

виразами (4). Промінь УЗК, що пройшов крізь стінку труби, відбивається від внутрішньої поверхні труби і поширюється в зворотному напрямку через тіло труби і шар контактної речовини, повертаючись на ПЕП, підсилюється і поступає на формувач прямокутних імпульсів по товщині 4, де генерується сигнал прямокутної форми, тривалість якого рівна проміжку часу між поверхневим та донним імпульсами. За тривалістю цього сигналу обчислюють товщину труби в певній точці за наведеними вище формулами.

Управління установкою здійснюється з персонального комп'ютера, на екрані якого відображаються результати контролю (рис.4). Для забезпечення візуалізації даних контролю та управління режимами роботи установки розроблено спеціалізоване програмне забезпечення.





зали, що особливу увагу при розробці та конструюванні подібних установок слід приділяти наступним аспектам:

- забезпеченню співвісності п'єзоелектричних перетворювачів з кільцевим перерізом труби;
- забезпеченню належної якості акустичного контакту між ПЕП та поверхнею труби;
- компенсації впливу температури матеріалу труби на результати вимірювань товщини стінки;
- компенсації впливу градієнту температури по товщині стінки труби на результати вимірювань;
- компенсації впливу температури охолоджуючої рідини (води) на точність вимірювання діаметра.

Забезпечення співвісності п'єзоелектричних перетворювачів з кільцевим перерізом труби має вирішальне значення, оскільки незначне відхилення осі направленості кожного з ПЕП від горизонтальної або вертикальної осей кільцевого перерізу труби призводить до порушення способу вводу УЗК в матеріал об'єкту контролю і, як наслідок, до значного розсіювання енергії ультразвуку в оточуюче середовище та спотворення результатів контролю. Щоб запобігти подібним явищам було спроектовано „слідкуючу” механічну систему сканування, в якій чотири ПЕП закріплені жорстко на рамі, яка, в свою чергу, може вільно рухатись в площині, перпендикулярній до напрямку руху труби. Такий механізм дозволяє відслідковувати незначні переміщення труби без втрати співвісності ПЕП з кільцевим перерізом труби.

У плані забезпечення належної якості акустичного контакту між ПЕП та поверхнею труби проблема виникає через „дрижання” труби (внаслідок тертя з гумовими діафрагмами ущільнювачів ванн охолодження) та утворення дрібних бульбашок повітря на її поверхні. Вирішити цю проблему вдалося завдяки використанню м'яких щіток, розташованих по окружності труби, що встановлюються перед системою з акустичними перетворювачами.

Значну проблему становить також той факт, що в різних точках вздовж технологічної лінії (місцях, де потенційно можна здійснювати контроль) температура матеріалу труби є різною, а отже й різною є швидкість ультразвуку в пластмасі. Попередні підрахунки показували, що при зміні температури на 10 °C швидкість поздовжньої хвилі змінюється на 0,05 мм/с. Враховуючи, що температура плавлення, наприклад, поліетилену високої густини становить близько 160 °C, а температура охолодженої труби біля протягувальної машини – 30 °C, дисперсія швидкості ультразвукових коливань сягає 0,65 мм/с. Вирішення цієї проблеми лежало на шляху до застосування відповідних калібру-

вальних кривих та спеціально розробленої технології налаштування обладнання перед початком контролю. Автори сподіваються опублікувати результати досліджень, які були проведені в цьому напрямку, найближчим часом.

Окрім того, що температура матеріалу труби є не однаковою вздовж технологічної лінії, вона ще й неоднорідна по товщині стінки труби. Внаслідок того, що охолодження труби відбувається лише ззовні, температура зовнішньої поверхні є значно нижчою за температуру внутрішньої. Внаслідок цього ультразвукові коливання при русі в товщу матеріалу сповільнюються, а після відбиття від внутрішньої стінки труби – поступово прискорюються. Фактично, існує лише два місця в технологічній лінії, де градієнт температури по стінці труби є мінімальним – на виході останньої ванни охолодження, там де труба вже є одномаїтно теплою, та одразу після екструдера, там, де труба є одномаїтно гарячою. Саме ці місця й слід обирати для встановлення блоку сканування.

Під час вимірювання діаметра значну роль відіграють температурні коливання охолоджуючої рідини, оскільки вона також є і контактним середовищем для вводу ультразвукових коливань у матеріал труби. Коливання температури носять як добовий, так і сезонний характер. Крім того, вони залежать від продуктивності самої установки для виготовлення труб і продуктивності системи подачі та відведення води. Урахувати всі фактори, які беруть участь у процесі теплообміну між трубою, рідиною, що її охолоджує, та навколишнім середовищем, дуже важко. Тому набагато простіше й ефективніше проводити додаткове уточнення швидкості УЗК у воді безпосередньо під час контролю, передбачивши для цього окремий акустичний канал, що й було реалізовано в установці „ПОЛІМЕР-4К”.

З огляду на зазначені вище проблеми слід зауважити, що контроль труб з пластмас у процесі їх виготовлення, при всій простоті на перший погляд, насправді є задачею далеко не тривіальною. Можливо, саме цим і обумовлена відсутність на ринку України установок для такого роду діагностики. Те рішення, яке в цьому плані пропонує НВФ „ЗОНД” у вигляді установки „ПОЛІМЕР-4К”, на наш погляд, є досить вдалим і таким, що дозволяє контролювати основні параметри пластмасових труб з достатньою точністю.

1.ДСТУ Б В.2.7-73-98. Будівельні матеріали. Труби поліетиленові для подачі горючих газів. Технічні умови.

2.ДСТУ Б В.2.7-93-2000. Будівельні матеріали. Труби для мереж холодного та гарячого водопостачання з поліпропілену. Технічні умови.

3.ДСТУ Б В.2.5-17-2001. Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мере-

жі та споруди. Труби зі структурованого поліетилену для мереж холодного, гарячого водопостачання та опалення.

*Отримано 06.12.2005*

УДК 666.973.6

**В.А.ЗАДОРЖНЫЙ**

*ООО «ТехноПластИнжиниринг», г.Николаев*

**Ж.Н.ВОЙТОВА**, канд. техн. наук

*Донбасская национальная академия строительства и архитектуры, г.Макеевка*

### **СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ЗАЩИТЫ И УСИЛЕНИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ КОММУНИКАЦИЙ, ЭКСПЛУАТИРУЮЩИХСЯ В СИЛЬНОАГРЕССИВНЫХ УСЛОВИЯХ**

Проблема проведения ремонтно-восстановительных работ и устранения дефектов магистрального нефтепровода (ГП «ПрикарпатЗападтранс», г.Турка) в условиях действующего производства была решена с помощью использования полиэфирового волоконно-армированного материала «ТехноПласт Рулон» (производитель «Fiba Tech Industries Ltd», Великобритания; официальный представитель ООО «ТехноПласт Инжиниринг», Украина).

Задача обеспечения необходимого уровня эффективности и безопасности эксплуатации инженерных коммуникаций по хранению и транспортировке нефтепродуктов в Украине является актуальной в связи с необходимостью обеспечения надежности работы систем энергопотребления, а также ростом требований к охране окружающей среды. При этом особую роль приобретает защита грунтовых вод и земельных ресурсов от агрессивных веществ, которые могут попадать в них через разрушенные конструкции инженерных коммуникаций, эксплуатирующихся под землей. Внедрение прогрессивных технологий по защите и усилению конструкций трубопроводов и различных строительных конструкций является важным вопросом сокращения трудозатрат и материалоемкости, продолжительности и стоимости ремонтно-восстановительных работ, проводимых на инженерных коммуникациях.

Для решения проблемы защиты и усиления магистрального нефтепровода ГП «ПрикарпатЗападтранс» было предложено использование технологии «ТехноПласт Инжиниринг», которая является наиболее перспективным и экономичным путем проведения ремонтно-восстановительных работ [1]. Номенклатура материалов «ТехноПласт» включает широкий выбор полимерных покрытий из стекловолокна и специальных смол, соответствующий стандарту ISO 9001:2000 и Сертификационному номеру ISO 21354 [2]. Рулонный материал «ТехноПласт» (рис.1) состоит из изофталической полиэфировой смолы (2),